

Utility Mod I H7-39120

Date of Publication: 14 July 1995

Application Number: Utility Model H5-70981

Date of Application: 3 December 1993

Applicant: Asahi Optical Industries, K.K.

Utility Model Authors: N. Nagai, B. Takami, K. Kawasaki

Agent: T. Suzuki, Patent Attorney

Title of Invention: LED Drive Circuit

Abstract

Purpose: To fix the light emission brightness of multiple light emitting diodes (LED), while at the same time preventing the supply of high current to other LEDs when a given LED is in an open state.

Constitution: 2 or more light emitting diodes (LED1, LED2) are connected in two rows, with transistors TR1, TR2 connected to each LED respectively as a current regulating device. The base voltage of these transistors is controlled by an op-amp OP; a fixed voltage VIN is input to one of the input terminals on this op amp and the emitter voltage V1 from the transistor TR1 is input to the other input terminal, and a resistor R3 is further connected between the op amp output and the base. By provision of this resistor R3, when one LED is in an open state, a rise in base voltage on the transistor connected to the other LED is prevented, as is the incidence of high currents.

Utility Model Claims

1. An LED drive circuit characterized in that in an LED drive circuit in which 2 or more LEDs are connected in 2 rows, and a current limiting device is connected to each row of LEDs, respectively, so as to limit the drive current to each LED, an op amp is provided to control the current limiting element, with a fixed voltage input to one of the input terminals of the op amp, and a voltage generated based on the current which flows on one of the current regulating devices on the other [op amp] input terminal. Further, a resistor is connected between the op amp output terminal and the current regulating device control input terminal.

Claim 2: The LED drive control circuit of Claim 1, characterized in that 2 current regulating devices are respectively constituted of bipolar devices of identical specification; LEDs are respectively placed between each collector and a power supply at one potential, and resistors are respectively connected between each

emitter and a power supply at a different potential; each base is mutually connected, while at the same time the op amp output terminal is connected through a resistor to the base, and one of the transistor emitters is connected to the other op amp input terminal.

Claim 3. The LED drive circuit of Claim 2, in which the resistance value of the resistor placed between the op amp output terminal and the transistor base is set to be sufficiently higher than the resistance value of the resistor connected to the transistor emitter.

Brief Description of Figures

Fig. 1. An overview circuit diagram of one embodiment of the LED drive circuit of the present Utility Model.

Fig. 2. An equivalent circuit diagram to explain the current value on the other LED when one LED goes to an open state.

Fig. 3. A circuit diagram for the case in which the base of the current regulating device of the present utility model is not connected.

Fig. 4. An equivalent circuit diagram to explain the current value of the other LED when one LED in the Fig. 3 circuit goes to an open state.

Fig. 5. A circuit diagram of the main sections of another embodiment of the present utility model.

Fig. 6. A summary diagram of a bar code reader using an LED as light source.

Fig. 7. A partial circuit diagram of one example of a conventional LED drive circuit.

Fig. 8. An equivalent circuit diagram to explain the current value on the other LED when one LED in the Fig. 7 circuit goes to an interrupted state.

Reference Numerals

LED1, LED2: Light emitting diode rows (LED rows)

OP: Op amp

TR1, TR2: Transistors (current regulating devices)

R1-R3: Resistors

2: LED

4: LED drive circuit

5: Lens

6: Bar code

7: CCD line sensor

8: Signal processing circuit.

613421.1

Detailed Description of the Utility Model

0001

Industrial Field of Application

The present utility model relates to a drive circuit for causing an LED (light emitting diode) to emit light. In particular, it relates to an LED drive circuit for causing multiple LEDs to emit light at a fixed brightness.

0002

Prior Art

In general, when arraying multiple LEDs for use in a surface light source, it is necessary to cause each LED to emit light at a fixed brightness. For example, Fig. 6 is a conceptual diagram of a bar code reader using LEDs as a light source; multiple LED2s are arrayed on a substrate 1, which is placed in a bar code reader housing 3 and connected to a drive circuit 4 and caused to emit light. Emitted light refers to a bar code 6 through a lens 5, and the reflected light therefrom is received by a CCD line sensor 7. An electrical level signal is output from this CCD line sensor 7 based on the difference in reflected light from the respective black and white bars of the bar code, thus enabling the bar code to be read by processing of the electrical signal in a processing circuit 8.

Thus, when arraying multiple LEDs and using them as a planar light source, if the brightness of each LED is not uniform, the brightness of the illuminated bar code will not be uniform, resulting in a variation in the amount of reflected light from black and white bars and read errors by the CCD line sensor.

0003.

For this reason, a current regulating circuit has conventionally been provided in the LED drive circuit in order to maintain a fixed LED emitted light brightness even when power source voltage fluctuates, such that multiple LEDs can be caused to emit a fixed and uniform light by holding fixed the current supplied to the LEDs. However, because of the need to regulate all the current supplied to multiple LEDs in this fixed current circuit, the size of the circuit becomes large in scale, making it undesirable for use in the compact, portable type of bar code reader shown in Fig. 6.

0004

It has therefore been proposed in the past to use a circuit which achieves LED current regulation with an op amp. Fig. 7 is such an example; multiple LEDs – in this case LED rows LED1 and LED2 in which 2 LEDs are respectively directly connected – are then respectively connected to the collectors and emitters of the current regulating transistors TR1 and TR2. By supplying a fixed voltage to each base of these transistors TR1 and TR2, regulation of the current supplied to each LED1 and LED2 was achieved. Here the regulated voltage supply comprises an op amp OP, with the input voltage VIN and the emitter voltage V1 of one of the

transistors TR1 serving respectively as the positive phase input and negative phase input. Resistors R1 and R2 are respectively connected to the emitters of each transistor TR1 and TR2.

0005

With this constitution, the positive phase input terminal and negative phase input terminal of the op amp OP [form a] virtual short, such that $V_{IN} = V_1$, and the currents I_{11} , I_{12} flowing at each LED1 and 2 are equal, as are the emitted light brightnesses of LED1 and LED2.

In Fig. 7, each LED1 and LED12 [sic?] are connected in LED rows, but the same applies to [devices] comprised of single individual LEDs.

0006

Problems the Utility Model Seeks to Resolve

Thus, in drive circuits using op amps, a malfunction on one LED (or LED row; the two shall be treated as equal below) results in the flow of a higher than setting current to the other LED. Detailed reasons are described below, but this means that when one LED is in an open state due to malfunction or maintenance, etc., the output voltage on the op amp will rise to close to the power supply voltage, and the large current determined by this voltage and by the transistor and resistor connected to the other LED[s] will flow to the other LED, causing the LED brightness to fluctuate, thus degrading bar code reading performance or breaking the LED as a result of this large current.

The object of the present utility model is to provide an LED drive circuit which regulates the emitted light brightness of multiple LEDs, while preventing the supply of large currents to other LEDs even when one LED goes to an open state.

0007

Means for Resolving Problem

In the LED drive circuit of the present utility model, 2 or more LEDs are connected in 2 rows, with the LEDs of each row respectively connected to a current controlling element, such that the LED drive circuit controls the drive current to each LED by current controlling elements. An op amp is provided which controls the current controlling elements; a fixed voltage is input to one of the input elements of this op amp, and a voltage generated based on the current flowing at one of the current controlling elements is input to the other input terminal; a resistor is connected between the op amp output terminal and the current regulating device control input terminal.

For example, 2 current regulating devices comprise bipolar transistors of the same specification, with LEDs respectively connected between the collector of each and a power supply at one potential, and a resistor respectively connected between the emitter of each and a power supply at another potential; each base is mutually directly connected, while the op amp output terminal is connected to the base through a resistor, and one of the transistor emitters is connected to the other input terminal of the op amp.

In this case, a design is adopted such that the resistance value of the resistor connected between the op amp output terminal and the transistor base is sufficiently larger than the resistance value of the resistor connected to the transistor emitter.

0008

Embodiment

Next we shall explain the present utility model with reference to figures. Fig. 1 is a circuit diagram of an embodiment of the LED drive circuit of the present utility model. It shows, as an example, the case of an LED drive circuit used in a light source for a bar code reader. Transistors TR3 and TR4 and resistors R4-R7 comprise the switching circuit section; when the ON/OFF signal which causes the LED to emit light is input to the drive signal input terminal IN connected to the base of transistor TR3, [the configuration] is constituted such that the power supply voltage VCC is output to the power supply line connected to the collector of transistor TR4. 2 LED rows of multiple (in this case 2) cascaded LEDs, that is to say LED1 and LED2, are respectively parallel connected to this power supply line, and the collectors of current controlling transistors TR1 and TR2, the bases of which are mutually directly connected, are connected to LED 1 and LED2 respectively, with each emitter respectively connected through resistors R1 and R2 to ground.

0009

At the same time, the voltage regulating circuit section is connected to the aforementioned power supply line. This voltage regulating circuit section has a voltage regulator IC, which maintains a specified voltage supplied on the aforementioned power supply line, and regulates the output voltage VO thereof. Also, the voltage regulator IC output voltage VO is voltage divided by resistor R8 and R9, and the voltage-divided voltage VIN supplied to the op amp OP positive phase input terminal. Resistor R3 is directly connected to the output terminal of op amp OP, and the output of op amp OP is supplied to the each of the aforementioned transistors TR1, TR2 through the resistor R3. Also, the emitter of one of the transistors TR1 is connected to the reverse phase input terminal of the op amp OP.

0010

According to this configuration, input of an ON signal at the drive signal input terminal IN causes transistors TR3, TR4 to go on, such that power supply voltage VCC is supplied to the power supply line. When this occurs, a fixed voltage VO is output from the voltage regulator IC, and the voltage VIN, divided by resistors R8, R9, is input to the positive phase input terminal of op amp OP. Voltage V2 is then output from the output terminal of op amp OP, and this voltage V2 is input to the base of transistors TR1, TR2 through the resistor R3. Controlling the collector/emitter currents on transistors TR1, TR2 enables control of the currents I1, I2 flowing to LED rows LED1 and LED2. When transistors having identical characteristics are used for TR1 and TR2, and identical resistance

values are used for resistors R1 and R2, the currents I1 and I2 respectively flowing to the LED rows LED1 and LED2 will be equal, and light of uniform brightness will be emitted from each LED row LED1 and LED2.

0011

That is to say, because the positive phase and reverse phase are virtually shorted, $V1 = VIN$, and a current I1, where I1 [symbol unavailable] "approximately equals" $VIN/R2$, flows to LED row LED1. If resistor $R1 = R2$, the transistors TR1 and TR2 have a common base, and the voltage VBE across the base-emitter of each transistor will be equal, such that $I2 = I1$ in a current mirror configuration, and an equal current will flow to LED row LED2 as to LED1. As a result, an equal and fixed current will flow to LED1 and LED2, making it possible to maintain a fixed and uniform LED1 and LED2 brightness.

0012

For example, as shown in the respective parenthetical values for resistance and voltage in Fig. 1, if $VIN = 0.5V$; $R1 = R2 = 33 \text{ } \Omega$, and transistor TR1 and TR2 $VBE = 0.6V$, then transistor TR1 and TR2 base voltage V3 will be $V3 = V1 + VBE$, and therefore $V3 = 0.5V + 0.6V = 1.1V$.

From I1 *approximately equals* $VIN/R2$,
 $= 0.5/33$,

we have

$I1 = I2$ *approximately equals* 15.2 mA.

0013

Here we consider the case in which one of the LED rows, for example LED1, goes to an open state, and the circuit is open. In this event, the Fig. 1 circuit becomes the equivalent circuit shown in Fig 2(a). Transistor TR1 is equivalent to a diode D1 with a $Vf = 0.6V$. Due to the virtual short, op amp OP attempts to make V1 into VIN, but because resistor R3 is directly connected to the output of op amp OP, a rise of V1 to the VIN level is suppressed according to the equation shown below, even if the op amp OP output voltage V2 rises to close to the power supply voltage VCC. When resistor $R3 = 10 \text{ K } \Omega$, V1 will be suppressed to 0.031V even if the op amp OP output voltage is VCC (= 10V).

0014

That is to say, V1 is the voltage across the two sides of resistor R1, and therefore

$$\begin{aligned} V1 &= (V2 - Vf) \times R1 / (R3 + R1) \\ &= (V2 - Vf) \times 33 \text{ } \Omega / (10 \text{ K } \Omega + 33 \text{ } \Omega) \\ &= (10 - 0.6) \times 33 / 10033 = 0.031 \end{aligned}$$

Therefore the base voltage V3 on the transistor TR2 becomes $V3 = V1 + Vf = 0.031 + 0.6 = 0.631V$,

613421.1

and is lower than normal, such that the current flowing to the LED row LED2 is reduced. Put another way, there is absolutely no incidence of overcurrent flowing to LED row LED2.

0015

In the meantime, the other LED row LED2 is in an open state; the open circuit case is shown in equivalent circuit 2(b). Transistor TR2 is equivalent to a diode D2 having a $V_f = 0.6$. Op amp OP, due to the virtual short, attempts to make V_1 into V_{IN} , but the transistor TR1 base is connected to ground through a diode and the resistor R1, so that even if op amp OP output voltage V_2 rises to close to V_{CC} , V_1 does not reach V_{IN} (0.5 V). Therefore even if the op amp maximum output voltage is 10V, the transistor TR1 base voltage V_3 will be 0.63V.

0016

In other words, the voltage at V_3 is V_f added to the voltage across the resistor R2 from V_2 , and therefore

$$\begin{aligned} V_3 &= (V_2 - V_f) \times R_2 / (R_3 + R_2) + V_f \\ &= (10 - 0.6) \times 33 / 10033 + 0.6 = 0.63V. \end{aligned}$$

We then have

$$V_1 = V_3 - V_{BE} = 0.63 - 0.6 = 0.03V.$$

Therefore the current I_1 flowing to LED row LED1 is extremely reduced by means of the transistor TR1.

As a result of the above, when for some reason either LED 1 or LED2 of the LED row goes to an open state, current to the other LED row is reduced, thus preventing breakage of the other LED due to an overcurrent.

Here we describe the case in which the conventional LED drive circuit depicted in Fig. 7 is compared to the circuit of the present utility model. Normally, because the op amp OP positive phase input terminal and reverse phase input terminal are virtually shorted, $V_1 = V_{IN}$, and a current $I_1 = V_{IN}/R_1$ flows to LED 1. Also, when $R_1 = R_2$, a current $I_{12} = I_{11}$ flows due to the transistor TR1 and TR2 current mirror configuration, such that a fixed and uniform current flows to each of LED1 and LED2.

0018

Here, when one of the LED1s is in an open state, the Fig. 8 equivalent circuit obtains. Op-amp OP outputs a voltage V_2 such that V_1 becomes V_{IN} . A current I_{11}' of $V_1/R_1 = 0.5/33 = 15.2$ mA flows to R1, and a similar current flows between the base and emitter of the transistor TR1, which is equivalent to diode D11. At this point, because the current between the transistor TR1 base and emitter is larger than for the transistor TR2 base-emitter voltage V_{BE} , $V_{BE}(TR1)$ will be greater than $V_{BE}(TR2)$.

0019

If we now let $V_{BE}(TR1) = 0.8V$, $V_{BE}(TR2) = 0.6V$, then

613421.1

$$V2 = V1 + V_{BE}(TR1) = 0.5V + 0.8V = 1.3V;$$

$$I2' = (V2 - V_{BE}(TR2))/R2 = (1.3 - 0.6)/33 = 21 \text{ mA, which is larger than the initial current setting.}$$

Therefore the other LED2 current increases and brightness increases, and there is a danger that the LED2 life will be shortened if LED2 light emission continues under these conditions.

When the other LED2 goes to an open state, there is no change in I1, and breakage is prevented.

0020

It is important in the present utility model that the bases of LED1 and LED2 current regulating transistors TR1 and TR2 are directly connected. One can conceive, for example, of a circuit in which, even though resistors R3A and R3B are interposed on the output side of the op amp OP, the bases of the current regulating transistors TR1 and TR2 for LED 1 and LED2 are not directly interconnected, and each is respectively regulated by the output of the op amp OP.

In this circuit, when LED1 goes to an open state, the Fig. 4 equivalent circuit obtains. At op amp OP, voltage V2 rises so that V1 becomes VIN. However, an R3A = 10K is connected [thereto], so that even if V2 rises to close to the op amp OP power supply voltage, V1 will not reach 0.5V.

0021

When V2 rises to close to the power supply voltage VCC (10V), the transistor TR2 becomes a simple emitter follower circuit, and current I2 becomes $I2 = (VCC - V_{BE})/R2 = (10 - 0.6)/33 = 285 \text{ mA};$

an overcurrent will flow to the other LED2, resulting in breakage of LED2.

However, when LED2 goes to an open state, there will be no change in I1, and that breakage will be prevented.

0022

In the embodiment of the present utility model depicted in Fig. 1, transistors TR3 and TR4 are turned off when an OFF signal is input to the drive signal input terminal IN, such that power supply VCC is not supplied to the power supply line, and no power is supplied to the anode side of LED1 or LED2. It is therefore possible to reliably prevent leakage current in both LEDs 1 and 2, yielding an effective reduction in power consumption.

0023

In the present utility model, as shown in Fig. 5, when a particular LED3 is to be caused to emit light using a drive current different from that of LED1 and LED2, the particular LED3 current regulating transistor TR5 may also be driven using an op amp OP2 different from the op amp OP1 used to effect current regulation for LED1 and LED2. That is, by changing the value of the resistor R10 connected to the emitter of the current regulating transistor TR5, LED3 can be

caused to emit light using a current different from that [supplied] to LED1 and LED2. Also, a resistor R3' is here connected to the output terminal of the op amp OP2.

In this case, the LED1 and LED2 can be caused to emit light by equal drive currents and the LED3 caused to emit light by a different drive current. Even in this case, it goes without saying that breakage of one LED2 or LED1 can be prevented in case the other LED1 or LED2 goes to an open state.

In the present embodiment we have depicted an example of the present utility model in which the LED is used as a bar code reader light source. Clearly it can be similarly applied in an LED drive circuit for multiple LEDs used to form a surface light source.

0024

Effect of the Utility Model

In the utility model explained above, current regulating devices are respectively connected to LEDs connected in 2 rows; a resistor is placed between the output terminal of the op amp which controls each LED's drive current and the power supply regulation device, so that when one row of LEDs goes to an open state, the increase in LED current on the other row is suppressed by the connected resistor even if the op amp output voltage increases, and a reduction in life or breakage of other LEDs can be effectively prevented.

When the current regulating device is configured from bipolar transistors, the bases of the bipolar transistors used as the terminals of each current regulating element are directly connected, such that the current flow to each LED is equalized in a current mirror configuration, and a uniform and fixed current is caused to flow, enabling a uniform and fixed brightness of light to be emitted.

In this case, by selecting a resistance value for the resistor connected between the op amp output terminal and the bipolar transistor base which is sufficiently larger than the resistance value of the resistor connected to the emitter, the increase in base voltage when one of the LEDs goes to an open state can be effectively prevented, and the rise in current can be suppressed.

[END]

【実用新案登録請求の範囲】

【請求項1】 2個以上のLEDを2列に接続し、各列のLEDのそれぞれに電流制御素子を接続し、これら電流制御素子により前記各LEDの駆動電流を制御するLED駆動回路において、前記電流制御素子を制御するオペアンプを設け、このオペアンプの一方の入力端子に定電圧を入力し、他方の入力端子に前記電流制御素子の一方を流れる電流に基づいて発生される電圧を入力し、かつ前記オペアンプの出力端と前記電流制御素子の制御入力端との間に抵抗を接続したことを特徴とするLED駆動回路。

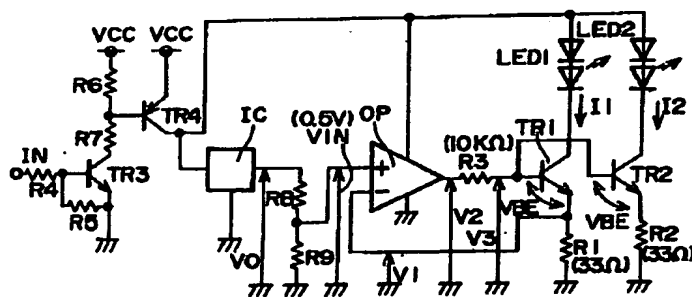
【請求項2】 2個の電流制御素子をそれぞれ同一規格のバイポーラトランジスタで構成し、各コレクタと一の電位の電源との間にそれぞれLEDを接続し、各エミッタと他の電位の電源との間にそれぞれ抵抗を接続し、各ベースを相互に直接接続するとともに、このベースにオペアンプの出力端を抵抗を介して接続し、かつオペアンプの他方の入力端子に一方のトランジスタのエミッタを接続してなる請求項1のLED駆動回路。

【請求項3】 オペアンプの出力端とトランジスタのベースとの間に接続した抵抗の抵抗値を、トランジスタのエミッタに接続した抵抗の抵抗値よりも十分大きく設定してなる請求項2のLED駆動回路。

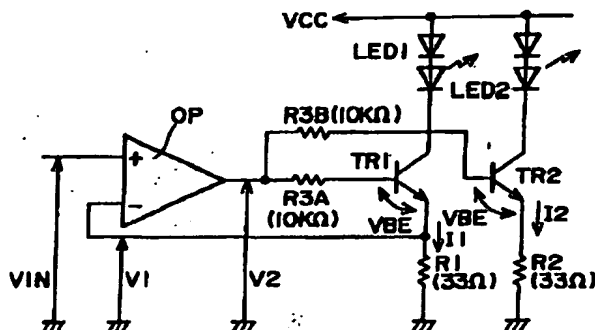
【図面の簡単な説明】

【図1】 本考案のLED駆動回路の一実施例の全体回路図である。

【図1】



【図3】



2

【図2】 LEDの一方が断状態となったときの他方のLEDの電流値を説明するための等価回路図である。

【図3】 本考案において電流制御素子のベースが直結されていない場合の回路図である。

【図4】 図3の回路において一方のLEDが断状態となったときの他方のLEDの電流値を説明するための等価回路図である。

【図5】 本考案の他の実施例の要部の回路図である。

【図6】 LEDを光源としたバーコードリーダの概略構成図である。

【図7】 従来のLED駆動回路の一例の一部の回路図である。

【図8】 図7の回路において一方のLEDが断状態となったときの他方のLEDの電流値を説明するための等価回路図である。

【符号の説明】

LED1, LED2 発光ダイオード列 (LED列)

OP オペアンプ

TR1, TR2 トランジスタ (電流制御素子)

R1~R3 抵抗

2 LED

4 LED駆動回路

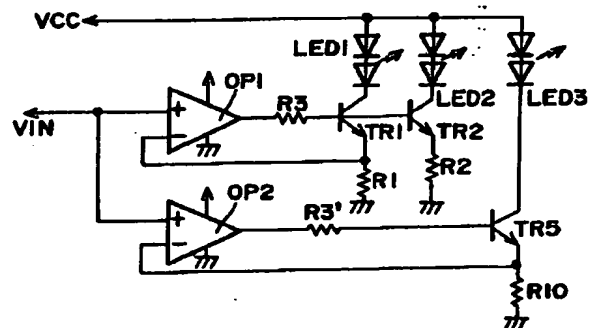
5 レンズ

6 バーコード

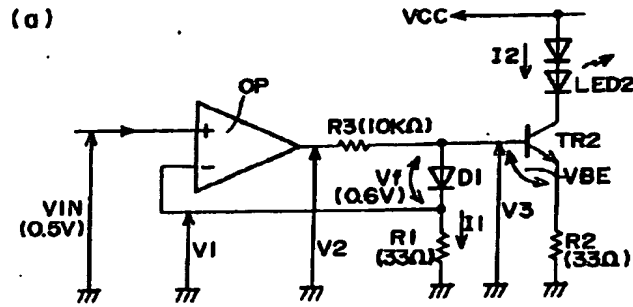
7 CCDラインセンサ

8 信号処理回路

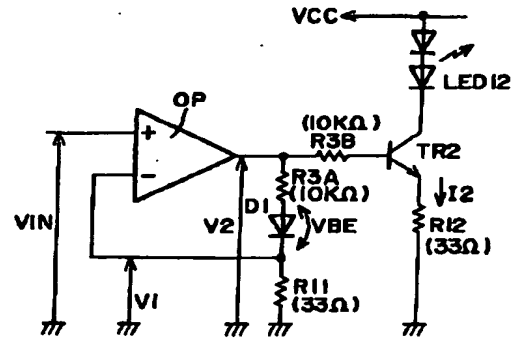
【図5】



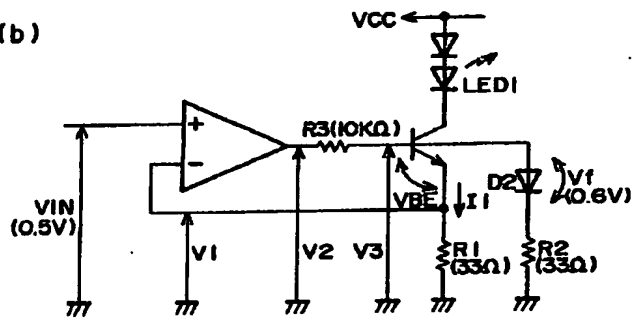
【図2】



【図4】

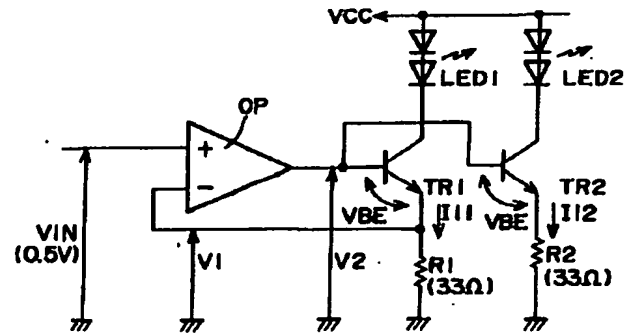


(b)

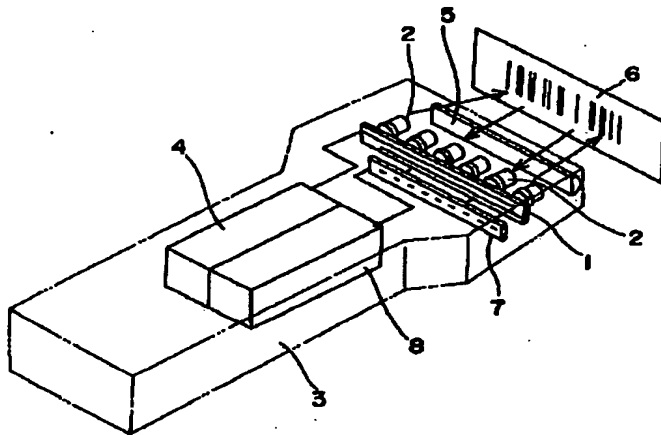
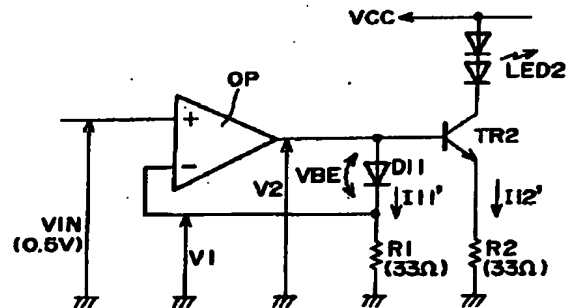


【図6】

【図7】



【図8】



【考案の詳細な説明】**【0001】****【産業上の利用分野】**

本考案はLED（発光ダイオード）を発光させるための駆動回路に関し、特に複数のLEDを一定の輝度で発光させるLED駆動回路に関する。

【0002】**【従来の技術】**

一般に複数個のLEDを配列してこれを面光源として利用する場合には、各LEDを一定の輝度で発光させることが要求される。例えば、図6はLEDを光源として利用したバーコードリーダの概念図であり、複数個のLED2を基板1上に配列し、これをバーコードリーダのハウジング3内に配設し、駆動回路4に接続して発光させる。発光された光はレンズ5を通してバーコード6を照明し、その反射光をCCDラインセンサ7で受光する。このCCDラインセンサ7では、バーコードの黒バーと白バーとのそれぞれからの反射光の違いに基づくレベルの電気信号を出力し、この電気信号を処理回路8において処理することでバーコードの読み取りが可能とされる。

このように、複数個のLEDを配列して面状の光源として利用する場合には、各LEDの輝度が一定されていないと、照明されるバーコードの照度が均一とならず、したがって黒バーと白バーとの反射光量にバラツキが生じてCCDラインセンサでの読み取りに誤差が生じることがある。

【0003】

そこで、従来では電源電圧の変動によってもLEDの発光輝度を一定に保持するために、LED駆動回路に定電流回路を設けることが行われており、LEDに供給する電流を一定化することで複数個のLEDを一定にかつ均一に発光させている。しかしながら、この定電流回路は、複数個のLEDに供給する全電流を定電流化する必要があるために、回路構成が大規模化し、図6に示したような小型のハンディ型のバーコードリーダに採用することは好ましくない。

【0004】

このため、従来ではオペアンプを利用してLEDの定電流化を図った回路が提

案されている。図7はその一例を示しており、複数個のLED、ここではそれぞれ2個のLEDを直列接続したLED列LED1、LED2をそれぞれ電流制御用トランジスタTR1とTR2のコレクタ・エミッタに接続し、かつこれらトランジスタTR1とTR2の各ベースに定電圧を供給することで各LED1、LED2の供給電流の定電流化を図ったものである。ここで、定電圧供給回路はオペアンプOPで構成しており、入力される電圧VINと、一方のトランジスタTR1のエミッタ電圧V1とをそれぞれ正相入力及び逆相入力とした構成としている。なお、各トランジスタTR1とTR2のエミッタにはそれぞれ抵抗R1、R2を接続している。

【0005】

この構成によれば、オペアンプOPの正相入力端子と逆相入力端子とはイマジナリショートであるため、 $V_{IN}=V_1$ となり、各LED1、2に通流される電流I11、I12を等しくし、LED1、LED2の発光輝度を等しくする。

なお、図7の例では各LED1、LED2はLED列で接続されているが、それぞれ1個のLEDで構成されている場合でも同様である。

【0006】

【考案が解決しようとする課題】

このように、オペアンプを用いた駆動回路では、一方のLED（或いは、LED列、以下同じ）に障害が生じたときに他方のLEDに設定された電流よりも大きな電流が流れることがある。即ち、詳細な理由は後述するが、故障やメンテナンス時等に一方のLEDが断状態（オープン状態）とされた場合に、オペアンプの出力電圧が電源電圧近くまで上昇され、この電圧と他方のLEDに接続されたトランジスタ及び抵抗で決まる大電流が他方のLEDに流れる状態となり、これによりLEDの輝度が変動されてバーコードの読取り性能が劣化され、或いはこの大電流によってLEDが破損されてしまうことがある。

本考案の目的は、複数のLEDの発光輝度を一定化するとともに、一方のLEDが断状態とされた場合でも、他方のLEDに大電流が供給されることを防止することができるLED駆動回路を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本考案のLED駆動回路は、2個以上のLEDを2列に接続し、各列のLEDのそれぞれに電流制御素子を接続し、これら電流制御素子により各LEDの駆動電流を制御するLED駆動回路において、電流制御素子を制御するオペアンプを設け、このオペアンプの一方の入力端子に定電圧を入力し、他方の入力端子に電流制御素子の一方を流れる電流に基づいて発生される電圧を入力し、かつオペアンプの出力端と電流制御素子の制御入力端との間に抵抗を接続した構成とする。

例えば、2個の電流制御素子をそれぞれ同一規格のバイポーラトランジスタで構成し、各コレクタと一の電位の電源との間にそれぞれLEDを接続し、各エミッタと他の電位の電源との間にそれぞれ抵抗を接続し、各ベースを相互に直接接続するとともに、このベースにオペアンプの出力端を抵抗を介して接続し、かつオペアンプの他方の入力端子に一方のトランジスタのエミッタを接続した構成とする。

この場合、オペアンプの出力端とトランジスタのベースとの間に接続した抵抗の抵抗値をトランジスタのエミッタに接続した抵抗の抵抗値よりも十分大きくなるように設定する。

【0008】**【実施例】**

次に、本考案について図面を参照して説明する。図1は本考案のLED駆動回路の一実施例の回路図であり、例えば図 に示したバーコードリーダの光源としてのLED駆動回路に適用した例を示している。トランジスタTR3、TR4と抵抗R4～R7はスイッチ回路部を構成しており、LEDを発光させるオン・オフ信号がトランジスタTR3のベースに接続された駆動信号入力端子INに入力されたときに、電源電圧VCCをトランジスタTR4のコレクタに接続された電源供給ラインに出力するように構成される。この電源供給ラインには、それぞれ複数個（ここでは、2個）のLEDを縦列接続した2列のLED列、即ちLED1とLED2とを並列接続し、かつ各LED1、LED2にはそれぞれベースを相互に直接接続した電流制御用トランジスタTR1、TR2のコレクタを接続し、かつ各エミッタはそれぞれ抵抗R1、R2を介して接地している。

【0009】

一方、前記電源供給ラインには定電圧回路部が接続される。この定電圧回路部は前記電源供給ラインに供給される電圧を所定電圧に保持させる電圧レギュレータICを有し、その出力電圧 V_O を一定化する。また、この電圧レギュレータICの出力電圧 V_O を抵抗 R_8 、 R_9 で分圧し、この分圧された電圧 V_{IN} はオペアンプOPの正相入力端子に供給される。このオペアンプOPの出力端子には抵抗 R_3 が直列に接続されており、オペアンプOPの出力はこの抵抗 R_3 を介して前記各トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに供給される。また、一方のトランジスタ TR_1 のエミッタとオペアンプOPの逆相入力端子とを接続する。

【0010】

この構成によれば、駆動信号入力端子 IN にオン信号が入力されると、トランジスタ TR_3 、 TR_4 がオンされるため、電源電圧 V_{CC} が電源供給ラインに供給される。すると、電圧レギュレータICからは一定電圧 V_O が出力され、かつ抵抗 R_8 、 R_9 により分圧された電圧 V_{IN} がオペアンプOPの正相入力端子に入力される。そして、オペアンプOPの出力端子から電圧 V_2 が出力され、この電圧 V_2 は抵抗 R_3 を介してトランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに入力される。そして、これらトランジスタ TR_1 、 TR_2 のコレクタ・エミッタ電流を制御することで、LED列LED1、LED2に通流される電流 I_1 、 I_2 を制御する。このとき、トランジスタ TR_1 、 TR_2 は同一特性のものが用いられ、かつ抵抗 R_1 、 R_2 は同一抵抗値とすると、LED列LED1、LED2に通流される電流 I_1 、 I_2 はそれぞれ等しくなり、各LED列LED1、LED2は均一輝度で発光される。

【0011】

即ち、オペアンプOPでは正相入力端子と逆相入力端子はイマジナリショートとなるため、 $V_1 = V_{IN}$ となり、 $I_1 \doteq V_{IN} / R_2$ の電流 I_1 がLED列LED1に流れる。そして、抵抗 $R_1 = R_2$ とすると、トランジスタ TR_1 と TR_2 はベースが共通であり、かつ各トランジスタのベース・エミッタ間電圧 V_{BE} が等しいため、カレントミラー構成により $I_2 = I_1$ となり、LED列LED2にもLED1と等しい電流が流れる。この結果、LED1とLED2には等しく

かつ一定の電流が流れ、LED1, LED2の輝度を一定でかつ均一に保持することができる。

【0012】

例えば、図1における抵抗値や電圧の各値がそれぞれ括弧で示すように、 $V_{IN}=0.5V$ 、 $R_1=R_2=33\Omega$ 、各トランジスタTR1, TR2の $V_{BE}=0.6V$ とすると、トランジスタTR1とTR2のベース電圧 V_3 は、

$$V_3 = V_1 + V_{BE}$$

であるから、

$$V_3 = 0.5V + 0.6V = 1.1V$$

となる。

また、

$$I_1 \doteq V_{IN} / R_2$$

$$= 0.5 / 33$$

から、

$$I_1 = I_2 \doteq 15.2\text{mA}$$

となる。

【0013】

ここで、一方のLED列、例えばLED1が断状態となり、回路がオープンになった場合を考える。このとき、図1の回路は図2(a)の等価回路となる。トランジスタTR1は $V_f=0.6V$ のダイオードD1と等価となる。オペアンプOPはイマジナリショートにより V_1 を V_{IN} にしようとするが、オペアンプOPの出力には直列に抵抗 R_3 が接続されているため、次式のように、オペアンプOPの出力電圧 V_2 が電源電圧 V_{CC} 近くまで上昇しても、 V_1 が V_{IN} にまで上昇することが抑えられる。抵抗 $R_3=10K\Omega$ とした場合、オペアンプOPの出力電圧が $V_{CC}(=10V)$ になったとしても、 V_1 は $0.031V$ に抑えられる。

【0014】

即ち、 V_1 は V_2 による抵抗 R_1 の両端の電圧であるから、

$$V_1 = (V_2 - V_f) \times R_1 / (R_3 + R_1)$$

$$= (V_2 - V_f) \times 33 \Omega / (10 K \Omega + 33 \Omega)$$

$$= (10 - 0.6) \times 33 / 10033 = 0.031$$

したがって、トランジスタTR2のベース電圧V3は、

$$V_3 = V_1 + V_f = 0.031 + 0.6 = 0.631 V$$

となって、正常時よりも低下され、これによりLED列LED2に通流されるI2が減少される。換言すれば、LED列LED2に過電流が流れることは全くない。

【0015】

一方、他方のLED列LED2が断状態となり、回路がオープンになった場合の等価回路を図2(b)に示す。トランジスタTR2は $V_f = 0.6 V$ のダイオードD2と等価となる。オペアンプOPはイマジナリショートによりV1をVINにしようとするが、トランジスタTR1のベースはダイオードと抵抗R1を介して接地されているので、オペアンプOPの出力電圧V2がVCC近くまで上昇しても、V1はVIN(0.5V)まで達しない。したがって、仮にオペアンプの最大出力電圧が10Vとしても、トランジスタTR1のベース電圧V3は0.63Vとなる。

【0016】

即ち、V3はV2による抵抗R2の両端の電圧にVfを加えた電圧であるから、

$$V_3 = (V_2 - V_f) \times R_2 / (R_3 + R_2) + V_f$$

$$= (10 - 0.6) \times 33 / 10033 + 0.6 = 0.63 V$$

なお、V1は、

$$V_1 = V_3 - V_{BE} = 0.63 - 0.6 = 0.03 V$$

となる。したがって、トランジスタTR1によりLED列LED1に通流される電流I1を著しく減少させる。

以上のことから、LED列LED1或いはLED2の一方が何らかの理由で断状態とされたときに、他方のLED列の電流を減少させ、過電流により他方のLEDが破損されることが防止される。

【0017】

ここで、図7に示した従来のLED駆動回路を前記した本考案の回路と比較した場合を示す。正常時には、オペアンプOPの正相入力端子と逆相入力端子はイマジナリショートであるため、 $V_1 = V_{IN}$ となり、 $I_1 = V_{IN} / R_1$ の電流がLED1に流れる。また、このとき $R_1 = R_2$ とすると、トランジスタTR1とTR2のカレントミラー構成により、 $I_{12} = I_{11}$ の電流が流れるため、各LED1、LED2には一定でかつ均一な電流が流れる。

【0018】

ここで、一方のLED1が断状態となった場合には、図8の等価回路となる。オペアンプOPは V_1 を V_{IN} になるように V_2 の電圧を出力する。 R_1 には、 $V_1 / R_1 = 0.5 / 33 = 15.2 \text{ mA}$ の電流 I_{11}' が流れ、等価的にダイオードD11とされたトランジスタTR1のベース・エミッタ間にも同様な電流が流れる。このとき、トランジスタTR1のベース・エミッタ間電圧 $V_{BE}(\text{TR1})$ はトランジスタTR2のベース・エミッタ間電圧 $V_{BE}(\text{TR2})$ に比較して電流が大きいいため、 $V_{BE}(\text{TR1}) > V_{BE}(\text{TR2})$ と大きくなる。

【0019】

今、 $V_{BE}(\text{TR1}) = 0.8 \text{ V}$ 、 $V_{BE}(\text{TR2}) = 0.6 \text{ V}$ とすると、 $V_2 = V_1 + V_{BE}(\text{TR1}) = 0.5 \text{ V} + 0.8 \text{ V} = 1.3 \text{ V}$ となり、 $I_{12}' = (V_2 - V_{BE}(\text{TR2})) / R_2 = (1.3 - 0.6) / 33 \Omega = 21 \text{ mA}$ となり、初期の設定電流よりも大きくなる。

したがって、他方のLED2の電流が増大して輝度が高くなり、かつこの状態でLED2の発光を継続すると、LED2の寿命が短くなるおそれがある。

なお、他方のLED2が断状態になったときには、 I_1 には変化がなく、その破損は防止される。

【0020】

ここで、本考案では、LED1とLED2の電流制御トランジスタTR1、TR2のベースが直接接続されていることが肝要である。例えば、図3のようにオ

ペアンプOPの出力側に抵抗R3A, R3Bを介挿した構成とした場合でも、LED1とLED2の各電流制御トランジスタTR1, TR2のベースが直接接続されておらず、それぞれが個々にオペアンプOPの出力により制御される回路の場合を考える。

この回路において、LED1が断状態となったとき、図4の等価回路となる。オペアンプOPはV1をVINになるようにV2の電圧を上昇させる。しかし、R3A=10KΩが接続されているのでV2がオペアンプOPの電源電圧近くまで上昇されてもV1は0.5Vまで達しない。

【0021】

一方、V2が電源電圧VCC(10V)近くまで上昇されると、トランジスタTR2は単なるエミッタフォロア回路となり、電流I2は、

$$\begin{aligned} I2 &= (VCC - VBE) / R2 \\ &= (10 - 0.6) / 33 = 285 \text{ mA} \end{aligned}$$

となり、他方のLED2に過電流が流れ、LED2を破損させることになる。

但し、LED2が断状態になったときには、I1には変化がなく、その破損は防止される。

【0022】

また、図1に示した本考案の実施例では、駆動信号入力端子INにオフ信号が入力されたときには、トランジスタTR3, TR4がオフされるので、電源供給ラインには電源VCCが供給されることはなく、LED1, LED2のアノード側に電源が供給されることがない。したがって、各LED1, 2における漏れ電流を確実に防止でき、消費電力を削減する上で有効である。

【0023】

なお、本考案は、図5に示すように、特定のLED3を他のLED1, 2とは異なる駆動電流で発光させたい場合には、LED1, 2の電流制御を行うオペアンプOP1とは異なるオペアンプOP2を用いて特定のLED3の電流制御用トランジスタTR5を駆動させるようにしてもよい。即ち、電流制御用トランジスタTR5のエミッタに接続した抵抗R10の値を相違することで、LED1, LED2と異なる電流でLED3を発光させることができる。また、ここではオペ

アンプOP2の出力端子には抵抗 $R3'$ を接続している。

この場合、LED1とLED2は等しい駆動電流で発光させ、他のLED3は異なる駆動電流で発光させることができる。この場合でも、LED1とLED2のいずれかが断状態とされても、他方のLED2またはLED1の破損は防止できることは言うまでもない。

なお、前記実施例では本考案をバーコードリーダの光源用LEDに適用した例を示しているが、複数のLEDを用いて面光源を構成するためのLED駆動回路であれば、同様に適用できることは言うまでもない。

【0024】

【考案の効果】

以上説明したように本考案は、2列に接続したLEDのそれぞれに電流制御素子を接続し、これら電流制御素子により各LEDの駆動電流を制御させるオペアンプの出力端と電流制御素子との間に抵抗を接続しているので、一方の列のLEDが断状態とされた場合に、オペアンプの出力電圧が増大されても、接続した抵抗により他方の列のLEDの電流の増大を抑制し、他方のLEDの寿命の低下や破損を有効に防止することができる。

また、電流制御素子をバイポーラトランジスタで構成したときに、各電流制御素子の制御入力端としてのバイポーラトランジスタのベースを相互に直結しているので、カレントミラー構成により各LEDの通流電流を等しくし、均一かつ一定の電流を通流させて、均一かつ一定な輝度の発光を行うことができる。

この場合、オペアンプの出力端とバイポーラトランジスタのベースとの間に接続した抵抗の抵抗値をエミッタに接続した抵抗の抵抗値よりも十分大きくすることで、一方のLEDが断状態となったときのベース電圧の増大をより有効に防止し、電流の増大を抑制することができる。